

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

B3

(11)Publication number : 2003-152234

(43)Date of publication of application : 23.05.2003

(51)Int.Cl.

H01L 41/08
H01L 41/26

(21)Application number : 2001-350524

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 15.11.2001

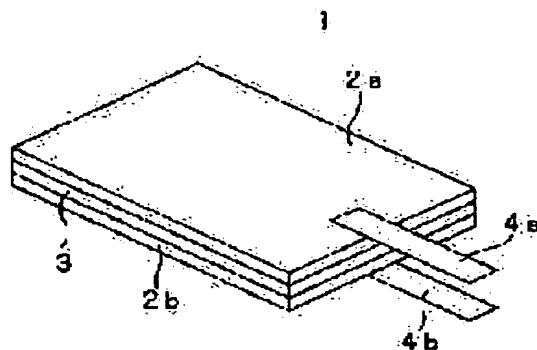
(72)Inventor : ITO HIDETOSHI

(54) ACTUATOR AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the displacement amount of elastic deformation and the deterioration in the response speed of an actuator when the actuator is elastically deformed.

SOLUTION: The actuator is elastically deformed by applying a voltage across plate-like electrode 2a and 2b between which an electrolytic layer 3 is arranged. The electrodes 2a and 2b are provided with a conductive polymer and conductive materials brought into contact with the polymer. Since the conductive materials have powdery structure, meshlike structure, or porous structure, the deterioration of the electrical contact between the conductive polymers and conductive materials can be prevented when the actuator is elastically deformed. Consequently, the displacement amount of the elastic deformation and the deterioration in the response speed of the actuator when the actuator is elastically deformed can be suppressed.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-152234

(P2003-152234A)

(43) 公開日 平成15年5月23日 (2003.5.23)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

テームコード* (参考)

H 0 1 L 41/08

H 0 1 L 41/08

H

41/26

41/22

C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-350524 (P2001-350524)

(22) 出願日 平成13年11月15日 (2001.11.15)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 伊東 秀俊

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 100067736

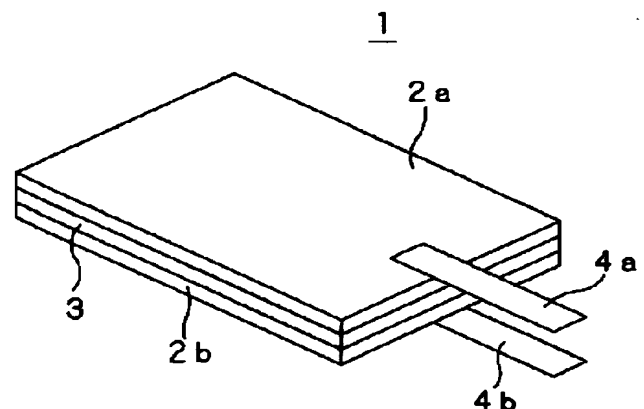
弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 アクチュエータ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 弾性変形の変位量や、弾性変形する際の応答速度の低下を抑える。

【解決手段】 板状電極2a、2b間に電解質層3が配置され、板状電極2a、2b間に電圧を印加することで弾性変形するアクチュエータであって、板状電極2a、2bが導電性高分子と、この導電性高分子と接触する導電材とを備え、導電材の形状が、粉末状、網状、多孔質状のうち何れか一種を呈していることにより、アクチュエータが弾性変形する際に導電性高分子と導電材との電気的な接触が劣化することを防止することから弾性変形の変位量や、弾性変形する際の応答速度の低下を抑える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の電極の間に電解質が配置され、上記電極間に電圧を印加することで形状が変化するアクチュエータにおいて、

上記電極が、上記電極間の間を移動するイオンをドーブ／脱ドーブする導電性高分子と、電子伝導性を有すると共に上記導電性高分子と電気的に接触する導電材とを備え、

上記導電材の形状が、粉末状、網状、多孔質状のうち何れか一種を呈しているアクチュエータ。

【請求項 2】 上記電極が、形状が異なる上記導電材のうち何れか一種又は複数種を備える請求項 1 記載のアクチュエータ。

【請求項 3】 上記導電材が、炭素繊維、非結晶性炭素、黒鉛、金、白金、パラジウムのうち何れか一種又は複数種を有している請求項 1 記載のアクチュエータ。

【請求項 4】 上記導電性高分子が、ポリピロール、ポリアニリン、ポリチオフェン、及びこれらの誘導体のうち何れか一種又は複数種の混合物である請求項 1 記載のアクチュエータ。

【請求項 5】 複数の電極の間に電解質が配置され、上記電極間に電圧を印加することで形状が変化するアクチュエータの製造方法において、上記電極間を移動するイオンをドーブ／脱ドーブする導電性高分子と、電子伝導性を有すると共に上記導電性高分子と電気的に接触する導電材とを有する上記電極を形成し、上記電極に、形状が粉末状、網状、多孔質状のうち何れか一種を呈する上記導電材を用いるアクチュエータの製造方法。

【請求項 6】 上記電極に、形状が異なる上記導電材のうち何れか一種又は複数種を用いる請求項 5 記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項 7】 上記導電材に、炭素繊維、非結晶性炭素、黒鉛、金、白金、パラジウムのうち何れか一種又は複数種を用いる請求項 5 記載のアクチュエータの製造方法。

【請求項 8】 上記導電性高分子を、ポリピロール、ポリアニリン、ポリチオフェン、及びこれらの誘導体のうち何れか一種又は複数種の混合物で形成する請求項 5 記載のアクチュエータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、複数の電極間に電圧を印加することで形状が変化するアクチュエータ及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 アクチュエータとは、例えば電気、熱、光等の信号を受けることで力学的に作用する機構である。実用化されているアクチュエータとしては、例えば磁気モーター、電圧素子、油圧駆動シリンダ、空圧駆動

シリンダ等がある。そして、これらのアクチュエータでは、主に電気信号を受けることで回転、伸縮といった力学的な仕事が行われる。また、これらのアクチュエータは、組み合わせることにより例えば産業用ロボット等のマクロ的な動きから磁気ディスク記録装置におけるヘッド移動等ミクロ的な動きまで幅広く利用されている。

【0003】 上述した産業用ロボットは、その動きが複雑なために多数のアクチュエータが用いられている。このように産業用ロボット等に用いられるアクチュエータは、主に金属材料によって構成されており、重量が重く、小型化が困難であり、用いられる機器自体も大型化させてしまうといった問題があった。

【0004】 このため、近年では、主に軽量で柔軟性に富んだ高分子材料によって構成される高分子アクチュエータが注目されている。この高分子アクチュエータとしては、例えばポリフッ化ビニリデン等を用いた高分子電圧素子、イオン導電性高分子ゲル等を用いたゲルアクチュエータ、電子導電性高分子等を用いた導電性高分子アクチュエータ等が知られている。これらのうち導電性高分子アクチュエータは、作動電圧が 1 V ～ 3 V と低い割には発生応力が数 MPa と大きいといった利点を有している。

【0005】 この導電性高分子アクチュエータでは、力学的な仕事を行う際に、用いられている電子導電性高分子で電気化学的な酸化還元反応が行われている。この場合、電子導電性高分子では、電荷を補充するイオンの供給源として例えば電解液や固体電解質等を用いてイオンのドーブ／脱ドーブが行われると共に、高分子鎖のコンフォメーション変化や、分子間／分子内静電反発が生じる。これにより、導電性高分子アクチュエータでは、電子導電性高分子における酸化還元反応によって電子導電性高分子が膨張／収縮することから、伸縮といった力学的な仕事を行うことが可能となる。

【0006】 ところで、電子導電性高分子では、その膨張／収縮が例えば線方向に対して数％程度であり、上述した産業用ロボットの関節等で生体筋のように用いるには変位量が不十分であった。

【0007】 そこで、導電性高分子アクチュエータでは、電子導電性高分子を含有する二枚の板状電極が例えば固体電解質等を挟持した構造の電気化学素子として形成させ、二枚の板状電極の間に電圧を印加することで一方の板状電極にイオンがドーブされて膨張し、他方の板状電極からイオンが脱ドーブして収縮することから電気化学素子が湾曲、すなわち弾性変形し、この弾性変形によって力学的な仕事を行うことを可能にさせる。この場合、導電性高分子アクチュエータでは、電気化学素子の弾性変形を用いることで例えば線方向に対する弾性変形の変位量が 30％～50％程度となり生体筋のように用いることが可能となる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述した導電性高分子アクチュエータにおいては、電気化学素子で酸化還元反応が行われる際に、一方の板状電極の電子導電性高分子にイオンがドーピングされることにより電子導電性が高くなるが、他方の板状電極の電子導電性高分子ではイオンが脱ドーピングされて絶縁状態になってしまう。このため、導電性高分子アクチュエータにおいては、例えば金属箔の集電体上に電子導電性高分子を形成させたり、電子導電性高分子の表面にめっき、蒸着、スパッタ等で金属膜を成膜させる等して板状電極の電子伝導、すなわち集電を高めるようにさせている。

【0009】しかしながら、この導電性高分子アクチュエータでは、電気化学素子を弾性変形させた際に、集電が高められた板状電極の金属箔が伸縮しないことから電子導電性高分子の膨張／収縮の妨げて、電気化学素子を十分に弾性変形させることが困難になるといった問題になった。

【0010】この導電性高分子アクチュエータでは、電気化学素子が弾性変形を繰り返した場合、板状電極の電子導電性高分子が金属箔から剥がれてしまい、電子導電性高分子の集電が悪くなり電気化学素子の弾性変形の繰り返し特性を劣化させたり、電気化学素子の応答速度を鈍くさせる、すなわち弾性変形の動作を鈍くさせるといった問題もあった。

【0011】この導電性高分子アクチュエータでは、電気化学素子が弾性変形する際に、板状電極の金属箔が電子導電性高分子の伸縮の妨げとなり電気化学素子の湾曲する方向とは反対方向に反力を生じさせることから、電気化学素子における弾性変形の変位量を小さくさせると共に弾性変形の応答速度を鈍くさせる。

【0012】また、導電性高分子アクチュエータでは、電子導電性高分子の集電を高めるために金属膜を用いた場合、電気化学素子が弾性変形を繰り返すと電子導電性高分子の表面の金属膜にひび割れが生じてしまい、電子導電性高分子の集電が悪くなり電気化学素子の弾性変形の繰り返し特性を劣化させてしまうことがある。

【0013】そこで、本発明は、このような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、電気化学反応による弾性変形の変位量が大きく、作動電圧が低く、軽量で且つ応答速度が速く、優れた弾性変形の繰り返し特性を有するアクチュエータ及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明のアクチュエータは、複数の電極の間に電解質が配置され、電極間に電圧を印加することで形状が変化するアクチュエータであって、電極が、イオンをドーピング／脱ドーピングする導電性高分子と、電子伝導性を有していると共に導電性高分子と電気的に接触する導電材とを備え、導電材の形状が、粉末状、網状、多孔質状のうち何れか一種を呈している。

【0015】このアクチュエータでは、複数の電極の導電材の形状が粉末状、網状、多孔質状のうち何れか一種を呈していることから、電極間に電圧が印加されて起こる電極の形状の変化に導電材が追従し易く、電極の形状変形により導電性高分子と導電材との接触状態が劣化してしまうことを防止させる。

【0016】本発明のアクチュエータの製造方法は、複数の電極の間に高分子電解質が配置され、電極間に電圧を印加することで形状が変化するアクチュエータの製造方法であって、イオンをドーピング／脱ドーピングする導電性高分子と、電子伝導性を有すると共に導電性高分子と電気的に接触する導電材とを有する電極を形成し、電極に、形状が粉末状、網状、多孔質状のうち何れか一種を呈する導電材を用いる。

【0017】このアクチュエータの製造方法では、その形状が粉末状、網状、多孔質状のうち何れか一種を呈する導電材を用いて電極を形成しており、このようにして形成された電極では電圧が印加されて起こる形状の変化に導電材が容易に追従することから、電極の形状変化により導電性高分子と導電材との接触状態が劣化してしまうことが防止されたアクチュエータが得られる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用したアクチュエータについて図面を参照にして説明する。図1は、本発明を適用したアクチュエータ1の一構成例を示す概略斜視図である。アクチュエータ1は、二枚の板状電極2a、2bと、これらの板状電極2a、2bに挟持された電解質層3と、二枚の板状電極2a、2bにそれぞれ備わる端子部4a、4bとを備えている。

【0019】板状電極2a、2bは、導電性高分子と、導電材とによってそれぞれ構成されている。導電性高分子は、電圧印加による酸化還元反応に伴うイオンのドーピング／脱ドーピングを行うことが可能であり、例えば二枚の板状電極2a、2b間に電圧が印加されてイオンがドーピングされると膨張し、イオンが脱ドーピングされると収縮することになる。

【0020】この導電性高分子には、例えばポリアセチレン、ポリアニリン、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリパラフェニレン、ポリフェニレンビニレン、ポリアズレン等の π 共役系導電性高分子、及びこれらの π 共役系導電性高分子にアルキル基、スルホン酸基、カルボン酸基、アルキルスルホン酸基、アルキルカルボン酸基等の官能基を付与した誘導体、 π 共役系導電性高分子にポリオキシエチレン、ポリオキシプロピレン等の側鎖状有機物を付与した誘導体等を用いる。これらのうち、導電性高分子には、主に、化学的及び電気化学的に重合が容易なポリアニリン、ポリピロール、ポリチオフェン及びこれらの誘導体を用いる。

【0021】導電材は、導電性高分子と電気的に接触することによって導電性高分子に対して電子伝導、すなわ

ち集電を高めるように機能している。導電材としては、電子伝導性が高く、溶剤等に対して耐性を有し、且つ導電性高分子が酸化還元する電位範囲において電気化学的に安定な炭素材料、金属等を用いる。この導電材は、例えば炭素繊維、非結晶性炭素、黒鉛、金、白金、パラジウム等を用いる。例えば電解質層 3 中に水を含む場合は、導電材に還元反応により水素を発生する際の過電圧が大きい金を用いることが好ましい。

【0022】この導電材は、酸化還元により導電性高分子が膨張／収縮する際に、この導電性高分子の動きを妨げることがないような形状として粉末状、網状、多孔質状を呈しており、導電性高分子と電気的に接触した状態で板状電極 2 a, 2 b を構成している。また、板状電極 2 a, 2 b においては、形状の異なる導電材を複数種備えた構成としても良い。これにより、板状電極 2 a, 2 b では、導電性高分子と導電材との電気的な接触を更に適切な状態にすることも可能になる。

【0023】粉末状を呈する導電材は、図 2 に示すように、導電性高分子中に分散させた状態で用いられる。この粉末状を呈する導電材を用いた板状電極 2 a, 2 b を形成する際は、導電性高分子を例えば N-メチルピロリドン等の溶剤に溶解し、この導電性高分子溶液に粉末状の導電材を添加して攪拌分散した後に、離型性を有する平板等に塗布して溶剤を除去する。このようにして、粉末状を呈する導電材を用いた板状電極 2 a, 2 b が得られる。

【0024】導電性高分子を溶剤に溶解できない場合は、モノマーを含む電解液に粉末状の導電材を分散させ、この電解液中で電解重合させて平板上に板状電極 2 a, 2 b を形成するか、或いはモノマーを含む電解液中で粉末状の導電材を均一に蒔いた平板上に電解重合させて板状電極 2 a, 2 b を形成する。このようにして粉末状を呈する導電材を用いた板状電極 2 a, 2 b を得ても良い。

【0025】粉末状を呈する導電材は、その粒子形状が例えば球状、板状、棒状、繊維状等であり、その粒径の最大値が板状電極 2 a, 2 b の厚み以下とされている。具体的に、粉末状を呈する導電材は、その粒径を導電性高分子の膨張／収縮を妨げることがないように板状電極 2 a, 2 b の厚みに対して $1/2$ 以下にして用いることが好ましい。また、粉末状を呈する導電材の添加量は、導電性高分子に対して添加量が少ないと板状電極 2 a, 2 b の導電性を確保することが困難であり、添加量が多くと導電性高分子の膨張／収縮を妨げてしまうことから、導電性高分子に対して 0.1 体積％～50 体積％が好ましく、より好ましくは 1 体積％～20 体積％である。

【0026】網状を呈する導電材は、図 3 に示すように、導電性高分子中に埋め込むようにさせた状態で用いられる。この網状を呈する導電材を用いて板状電極 2

a, 2 b を形成する際は、導電性高分子を例えば N-メチルピロリドン等の溶剤に溶解し、この導電性高分子溶液を網状の導電材に直接塗布した後に溶剤を除去するか、或いは網状の導電材を敷いた平板上に導電性高分子溶液を塗布した後に溶剤を除去する。このようにして、網状を呈する導電材を用いた板状電極 2 a, 2 b が得られる。

【0027】導電性高分子を溶剤に溶解できない場合は、網状の導電材を基材としてモノマーを含む電解液中で電解重合させて板状電極 2 a, 2 b を形成するか、或いはモノマーを含む電解液中で網状の導電材を敷いた平板上に電解重合させて板状電極 2 a, 2 b を形成する。このようにして網状を呈する導電材を用いた板状電極 2 a, 2 b を得ても良い。

【0028】網状を呈する導電材は、例えば網の升目が平面的や立体的に構成されていても良く、板状電極 2 a, 2 b 内にそれぞれ複数備えられていても良い。網状を呈する導電材は、その厚みが板状電極 2 a, 2 b の厚み以下にされている。具体的に、網状を呈する導電材は、その厚みを導電性高分子の膨張／収縮を妨げることがないように $100\mu\text{m}$ 以下にして用いることが好ましい。また、網状を呈する導電材は、網の升目が大きいと板状電極 2 a, 2 b の導電性を確保することが困難であり、網の升目が小さいと導電性高分子の膨張／収縮を妨げてしまうことから、30 メッシュ～300 メッシュであることが好ましい。

【0029】多孔質状を呈する導電材は、網状の導電材と同様に、導電性高分子中に埋め込むようにさせた状態で用いられる。また、多孔質状を呈する導電材を用いた板状電極 2 a, 2 b は、網状の導電材を用いた板状電極 2 a, 2 b を形成した際と同じようにして得ることができる。多孔質状を呈する導電材としては、例えば金属スポンジ等の発泡金属、炭素繊維フェルト、或いはポリオレフィン等の樹脂不織布や多孔質膜の表面に無電解めっき等によって金属膜を成膜したもの等が用いられる。

【0030】電解質層 3 は、高分子電解質であり、いわゆるゲル状電解質や固体電解質である。この高分子電解質は、例えば電解質塩と、この電解質塩を溶解する溶媒と、この溶媒を保持する高分子マトリクスとによって構成されている。

【0031】電解質塩としては、通常、非水電池電解質に用いられている公知のリチウム塩等を使用することができる。具体的には、 LiPF_6 、 LiBF_4 、 LiAsF_6 、 LiClO_4 、 LiCF_3SO_3 、 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$ 、 $\text{LiC}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_3$ 、 LiAlCl_4 、 LiSiF_6 等の塩を使用することができ、これらの塩を一種類もしくは二種類以上を混合して用いる。

【0032】電解質塩を溶解させる溶媒としては、通常、非水電池電解質に用いられている公知の溶媒等を使

用することができる。具体的には、プロピレンカーボネート、エチレンカーボネート、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、エチルメチルカーボネート、ジプロピルカーボネート、メチルプロピルカーボネート、エチルプロピルカーボネート、ジブチルカーボネート、ブチルメチルカーボネート、ブチルエチルカーボネート、ブチルプロピルカーボネート、及びこれらの炭酸エステル類の水素原子をハロゲン原子に置換した溶媒、γ-ブチラクトン、ジメトキシエタン、テトラヒドロフラン、2-メチルテトラヒドロフラン、1, 3-ジオキソラン、4-メチル1, 3-ジオキソラン、ジエチルエーテル、スルホラン、メチルスルホラン、酪酸メチルスルホラン、アセトニトリル、プロピオンニトリル、プロピオン酸メチル等を使用することができ、これらの溶媒を一種類もしくは二種類以上を混合して用いる。

【0033】高分子マトリクスとしては、例えばポリフッ化ビニリデン(PVdF)、ポリアクリロニトリル、ポロエチレンオキシド、ポリプロピレンオキシド、ポリメタクリルニトリル等が使用でき、ゲル状電解質、固体電解質等使用形態に応じてこれらのうち一種もしくは二

種以上混合して用いる。

【0034】電解質塩を溶解させる溶媒として水を用いた場合には、電解質塩として公知の水溶性電解質塩を使用することができるが、電解質層3がアルカリ性になると板状電極2a, 2bの導電性高分子が不可逆絶縁化されることから中性塩もしくは酸性塩を用いる。また、高分子マトリクスとしては、例えばポリエチレンオキシド、ポリプロピレンオキシド、ポリビニルアルコール、ポリアクリル酸、ポリメタクリル酸等の高分子が使用でき、必要に応じてこれら高分子のうち一種もしくは複数種を混合したり、これら高分子を架橋する等して用いる。

【0035】電解質層3としては、高分子マトリクスが電解質塩としても機能する例えばカチオン交換樹脂やアニオン交換樹脂等に溶媒を膨潤させたものも用いることが可能である。具体的には、電気化学安定性が高いフッ素樹脂にスルホン酸基やカルボン酸基を導入したカチオン交換樹脂を用いる。

【0036】端子部4a, 4bには、例えば金、白金、銅、銀、アルミニウム等の短冊状の金属片を用いる。板状電極2a, 2bにおいては、例えば網状もしくは多孔質状の導電材を導電性高分子から露出させて端子部4a, 4bの代わりにすることも可能であり、この場合低成本化を図ることができる。

【0037】以上のように構成されるアクチュエータ1は、導電性高分子中に導電材を含有する二枚の板状電極2a, 2b間に電圧を印加することによって二枚の板状電極2a, 2bのうち一方で酸化反応、他方で還元反応が起こり、例えば板状電極2aの導電性高分子にイオンがドーブされると導電性高分子が膨張し、他方の板状電

極の導電性高分子からイオンが脱ドーブすると導電性高分子が収縮されることになる。これにより、アクチュエータ1では、図4に示すように、二枚の板状電極2a, 2bにおいて一方が導電性高分子が膨張し、他方の導電性高分子が収縮していることから、電解質層3を挟持する板状電極2a, 2bが湾曲、すなわち弾性変形し、例えば図中矢印Aで示す板状電極2a, 2bの弾性変形の変位量に伴う範囲で物体を移動させる等、力学的な仕事を行うことが可能になる。

10 【0038】そして、このアクチュエータ1では、板状電極2a, 2bに備わる導電材の形状が粉末状、網状、多孔質状の何れかを呈しており、板状電極2a, 2b間に電圧を印加して起こる板状電極2a, 2bの弾性変形に導電材が追従し易く、板状電極2a, 2bが弾性変形を繰り返した際でも導電性高分子から導電材が剥がれてしまい電気的な接触が劣化することを防止する。

20 【0039】これにより、アクチュエータ1では、板状電極2a, 2bにおける導電性高分子の電子伝導が劣化してしまうことを防ぎ、板状電極2a, 2bの弾性変形の繰り返し特性の劣化、すなわち板状電極2a, 2bが弾性変形を繰り返した際の弾性変形の変位量が小さくなってしまったり、板状電極2a, 2bの応答速度の鈍化、すなわち弾性変形の動作を鈍くさせることを防止する。

30 【0040】このアクチュエータ1では、導電材の形状が粉末状、網状、多孔質状を呈しており板状電極2a, 2bの弾性変形に導電材が追従し易いことから、例えば導電性高分子の膨張/収縮といった動きを妨げる金属箔を導電材に用いた場合に比べて板状電極2a, 2bが弾性変形する際の変位量を大きくすることが可能である。このアクチュエータ1では、板状電極2a, 2bが弾性変形する際に、板状電極2a, 2bにおける導電材が導電性高分子の伸縮に追従し易いことから、導電材に板状電極2a, 2bの湾曲する方向とは反対方向に反力が生じることがなく、板状電極2a, 2bが弾性変形する際の応答速度が鈍くなることを防止する。

【0041】次に、上述したアクチュエータ1の製造方法について説明する。本発明を適用したアクチュエータ1を製造する際は、先ず、板状電極を2a, 2bを作製する。ここでは、粉末状を呈する導電材を用いた場合について説明する。

【0042】板状電極2a, 2bを作製する際は、モノマーを含む電解液中に水平に離型性を有する金属平板を置載し、この金属平板上に粉末状の呈する導電材を所定の厚みで堆積させる。次に、金属平板を作用極とし、対極と参照極とに例えば金属リチウム等を用い、所定の電位或いは電流で電解重合させることで、金属平板上に粉末状の導電材と電気的に接触している板状の導電性高分子を形成する。次に、この導電性高分子を金属平板から剥がし、所定の大きさに切り出す。このようにして、粉

末状の導電材が含有された板状電極 2 a, 2 b が作製される。

【0043】次に、以上のように作製された板状電極 2 a, 2 b に電解質層 3 をそれぞれ形成する。電解質層 3 を形成する際は、電解質と高分子マトリクスとを溶媒に溶解させて高分子電解質溶液を調製する。この高分子電解質溶液を板状電極 2 a, 2 b の一方主面上に塗布し、溶媒を揮発させる。このようにして板状電極 2 a, 2 b の一方主面上に電解質層 3 をそれぞれ形成される。

【0044】次に、以上のように電解質層 3 が一方主面上に形成された板状電極 2 a, 2 b を電解質層 3 が対向するように貼り合わせ、板状電極 2 a, 2 b の任意の位置に端子部 4 a, 4 b をそれぞれ取り付け。このようにしてアクチュエータ 1 が製造される。

【0045】以上のようなアクチュエータ 1 の製造方法では、粉末状を呈する導電材を用いて板状電極 2 a, 2 b を形成しており、このようにして形成された板状電極 2 a, 2 b では電圧が印加されて起こる弾性変形に導電材が容易に追従することから、板状電極 2 a, 2 b が弾性変形を繰り返した際でも導電性高分子から導電材が剥がれてしまうことを防止することが可能なアクチュエータ 1 が得られる。

【0046】これにより、このアクチュエータ 1 の製造方法では、板状電極 2 a, 2 b における導電性高分子の電子伝導が劣化してしまうことを防ぎ、板状電極 2 a, 2 b の弾性変形の繰り返し特性を劣化させたり、板状電極 2 a, 2 b の応答速度を鈍くさせることを防止するアクチュエータ 1 が製造される。

【0047】

【実施例】以下、本発明を適用したアクチュエータを実際に作製した実施例について説明する。また、これら実施例と比較するために作製した比較例について説明する。

【0048】＜実施例 1＞実施例 1 におけるアクチュエータを作製した際は、先ず、二枚の板状電極を作製した。モノマーとしてピロールと、電解質塩として LiPF₆ とをプロピレンカーボネートに溶解して導電性高分子を形成させるための電解液を調製した。この電解液中に片面に粘着テープを被覆した金属平板を水平に置載し、この金属平板上に導電材として粒径が 0.5 μm の金粉末を 1 cm² 当たり 3 mg で堆積させた。次に、金属平板を作用極とし、対極と参照極とに金属リチウム等を用いて 3.9 V で Li⁺/Li⁺ の定電位電解重合させることによって、金属平板上に導電材として金粉末を含有した厚みが 60 μm の板状の導電性高分子を形成した。次に、この導電性高分子を金属平板から剥がし、ジメチルカーボネートで洗浄した後に幅 5 mm、長さ 20 mm の短冊状に複数切り出した。このようにして、板状電極が作製された。

【0049】次に、以上のように作製された二枚の板状

電極に電解質層をそれぞれ形成した。電解質層を形成する際は、エチレンカーボネートを 60 重量%とプロピレンカーボネートを 40 重量%とを混合させた溶媒に溶媒重量に対して LiPF₆ を 0.9 mol/kg 溶解させた電解液を調製した。次に、この電解液と、ヘキサフルオロプロピレンを 7.7% 未満含有するポリフッ化ビニリデンと、ジメチルカーボネートとを混合攪拌してゾル状態のゲル状電解質溶液を作製した。次に、このゲル状電解質溶液を二枚の板状電極の一方主面上にそれぞれ塗布し、ジメチルカーボネートを揮発させた。このようにして二枚の板状電極の一方主面上に電解質層をそれぞれ形成させた。

【0050】次に、以上のように電解質層が一方主面上に形成された二枚の板状電極を電解質層が対向するように貼り合わせ、二枚の板状電極の任意の位置に金からなる短冊状の端子部をそれぞれ取り付けた。このようにして、実施例 1 では、板状電極の導電材に金粉末を用いたアクチュエータを製造した。

【0051】＜実施例 2＞実施例 2 では、板状電極の導電材に線径が 40 μm、網の升目が 150 メッシュの白金網を用いたこと以外は、実施例 1 と同様のアクチュエータを作製した。

【0052】＜実施例 3＞実施例 3 では、板状電極の導電材に無電解めっきで表面に金被膜が成膜された厚みが 40 μm の多孔質状ポリエチレン不織布を用いたこと以外は、実施例 1 と同様のアクチュエータを作製した。

【0053】＜比較例 1＞比較例 1 では、板状電極に導電材を用いなかったこと以外は、実施例 1 と同様のアクチュエータを作製した。

【0054】＜比較例 2＞比較例 2 では、板状電極の導電材に厚みが 20 μm の金箔を用いたこと以外は、実施例 1 と同様のアクチュエータを作製した。

【0055】＜比較例 3＞比較例 3 では、板状電極の導電材として板状電極の表面に真空蒸着による厚みが 1 μm の金属を成膜したこと以外は、実施例 1 と同様のアクチュエータを作製した。

【0056】次に、以上のように作製した実施例 1～実施例 3、並びに、比較例 1～比較例 3 のアクチュエータについて、板状電極間に電圧を印加した際のアクチュエータが湾曲、すなわち弾性変形を 1 回、2 回、及び 10 回繰り返し、各回毎に最大変形するまでの時間と、弾性変形した際の変位量とを測定した。

【0057】なお、アクチュエータの板状電極への電圧印加及びアクチュエータの最大変形するまでの時間と変位量の測定は、先ず、2 V の電圧をアクチュエータの板状電極間に印加し、アクチュエータが弾性変形を開始して弾性変形が完了するまでの時間と、弾性変形が完了した時の変位量とを測定した。次に、測定が終了したら二枚の板状電極を短絡させてアクチュエータが弾性変形する前の形状に戻した。次に、2 V の電圧を初めとは逆向

きに板状電極間に印加し、初めと同様にアクチュエータが弾性変形を開始して弾性変形が完了するまでの時間と、弾性変形が完了した時の変位量とを測定した。次に、板状電極間に逆向きの電圧を印加させた際の測定が終了したら初めと同様に二枚の板状電極を短絡させてアクチュエータが弾性変形する前の形状に戻した。このようにして順方向及び逆方向で板状電極間に電圧を印加させることを1サイクルとし、2回及び10回繰り返した*

* 際のアクチュエータが弾性変形を開始して弾性変形が完了するまでの時間と、弾性変形が完了した時の変位量とを測定した。

【0058】以下に、実施例1～実施例3及び比較例1～比較例3における、アクチュエータの最大変位位置到達時間、最大変位量の評価結果を表1に示す。

【0059】

【表1】

	1サイクル目		2サイクル目		10サイクル目	
	最大 変位位置 到達時間 (秒)	最大 変位量 (mm)	最大 変位位置 到達時間 (秒)	最大 変位量 (mm)	最大 変位位置 到達時間 (秒)	最大 変位量 (mm)
実施例1	32	4.0	31	4.1	33	3.9
実施例2	26	4.1	26	4.0	29	4.4
実施例3	26	4.1	26	4.0	29	3.9
比較例1	132	1.4	145	1.1	-	変形なし
比較例2	24	0.6	41	0.4	-	変形なし
比較例3	31	4.2	56	2.2	132	1.1

【0060】なお、表1においては、板状電極間に順方向及び逆方向の電圧を印加させた際の測定結果がほぼ同一であることから、板状電極間に順方向の電圧を印加させた時の測定結果を示している。

【0061】表1に示す評価結果から、板状電極の導電材に金粉末、白金網、金皮膜が成膜された多孔質状ポリエチレン不織布をそれぞれ用いた実施例1～実施例3では、板状電極に導電材を用いていない比較例1に比べて大幅にアクチュエータの最大変位位置到達時間が短く、最大変位量が大きくなっていることがわかる。

【0062】板状電極に導電材を用いていない比較例1では、板状電極に導電材を用いていないことにより導電性高分子の電子伝導が悪く、板状電極間に電圧を印加させることで起こる酸化還元反応によって導電性高分子間でドーブ/脱ドーブされるイオンの量が少ないことから、アクチュエータの応答速度が鈍くなると共にアクチュエータの弾性変形に伴う最大変位量も小さくなってしまふ。また、比較例1では、導電性高分子の電子伝導が悪いことから、イオンが導電性高分子に完全にドーブされる前に脱ドーブされてしまい、アクチュエータが弾性変形のサイクルを重ねることによって板状電極の導電性が失われてしまふ。

【0063】これに対して実施例1～実施例3では、板状電極の導電材に金粉末、白金網、金皮膜が成膜された多孔質状ポリエチレン不織布をそれぞれ用いており、板状電極の導電性高分子の電子伝導が良好であり、板状電極間に電圧を印加させることで起こる酸化還元反応によって導電性高分子間でドーブ/脱ドーブされるイオンの量が適量であることから、アクチュエータの応答速度が鈍くなることなく、アクチュエータの弾性変形に伴う最大変位量も大きくできる。

【0064】また、表1に示す評価結果から、板状電極の導電材に金粉末、白金網、金皮膜が成膜された多孔質状ポリエチレン不織布をそれぞれ用いた実施例1～実施例3では、板状電極に導電材として金箔を用いた比較例2に比べて、最大変位量が大幅に大きく、アクチュエータの最大変位位置到達時間も2サイクル目以降短くなっていることがわかる。

【0065】板状電極の導電材に金箔を用いた比較例2では、板状電極の導電材が金箔であることから導電材がアクチュエータの弾性変形に追従することが困難であり、導電性高分子の伸縮の妨げとなり板状電極が湾曲する方向とは反対方向に反力を生じさせることからアクチュエータの弾性変形に伴う最大変位量が小さくなってしまふ。また、比較例2では、導電材の金箔がアクチュエータの弾性変形に追従しにくく、弾性変形の繰り返すことで導電性高分子から導電材が剥離していき導電性高分子の電子伝導が徐々に劣化することから、アクチュエータの最大変位位置到達時間が2サイクル目以降遅くなり、10サイクル目では板状電極の導電性が失われてアクチュエータの弾性変形が起こらなくなってしまう。

【0066】これに対して実施例1～実施例3では、板状電極の導電材に金粉末、白金網、金皮膜が成膜された多孔質状ポリエチレン不織布をそれぞれ用いており、導電材がアクチュエータの弾性変形に追従し易く導電性高分子の伸縮の妨げとなることがないことからアクチュエータの弾性変形に伴う最大変位量を大きくできる。また、実施例1～実施例3では、導電材がアクチュエータの弾性変形に追従し易いことから、アクチュエータが弾性変形を繰り返しても導電性高分子からの導電材の剥離が抑制されて導電性高分子の電子伝導が劣化することを防ぎ、アクチュエータの応答速度が2サイクル目以降鈍

くなることを抑制する。

【0067】さらに、表1に示す評価結果から、板状電極の導電材に金粉末、白金網、金皮膜が成膜された多孔質状ポリエチレン不織布をそれぞれ用いた実施例1～実施例3では、板状電極の導電材として板状電極の表面に金層を成膜させた比較例3に比べ、2サイクル目以降でアクチュエータの最大変位位置到達時間が短く、最大変位量が大きくなっていることがわかる。

【0068】板状電極の導電材として板状電極の表面に金層を成膜させた比較例3では、板状電極の表面に成膜された金層が1サイクル目のアクチュエータの弾性変形

で金層にひび割れが生じてしまい導電性高分子の電子伝導がアクチュエータの弾性変形の繰り返しの度に劣化することから、2サイクル目以降のアクチュエータの最大変位位置到達時間が遅くなると共に、最大変位量も小さくなってしまふ。

【0069】これに対して実施例1～実施例3では、板状電極の導電材に金粉末、白金網、金皮膜が成膜された多孔質状ポリエチレン不織布をそれぞれ用いており、導電材がアクチュエータの弾性変形に追従し易く、アクチュエータが弾性変形を繰り返しても導電材にひび割れ等を生じることなく導電性高分子の電子伝導が劣化することが防止されることから、アクチュエータの応答速度が2サイクル目以降鈍くなることや、アクチュエータの最大変位量が小さくなってしまふことを抑制できる。

【0070】以上のことから、アクチュエータを作製するに際して、板状電極に金粉末、白金網、金皮膜が成膜された多孔質状ポリエチレン不織布といった導電材を用いることは、弾性変形に伴う最大変位位置到達時間が短く、弾性変形に伴う最大変位量が大きなアクチュエータを作製する上で大変有効である。

* 【0071】

【発明の効果】以上の説明から明かなように、本発明によれば、電極にその形状が粉末状、網状、多孔質状のうち何れか一種を呈する導電材を用いることにより、電極に電圧を印加することで起こる形状の変化に導電材が追従しやすくなることから、電極が形状変形しても導電性高分子と導電材との接触状態が劣化することのないアクチュエータが得られる。

【0072】したがって、本発明によれば、導電性高分子と導電材との接触不良により生じるアクチュエータの形状変化が変位量が小さくなることや、アクチュエータが形状変化する際の応答速度が鈍くなることや、アクチュエータが形状変化を繰り返した際の繰り返し特性が劣化することを防止できる。

【0073】また、本発明によれば、アクチュエータが導電性高分子や、粉末状、網状、多孔質状を呈する導電材、電解質等によって構成されていることから、作動電圧を電池並みに小さくすることが可能であると共に、軽量化且つ低コスト化が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るアクチュエータを示す概略斜視図である。

【図2】同アクチュエータにおいて、粉末状を呈する導電材を用いた板状電極の要部断面図である。

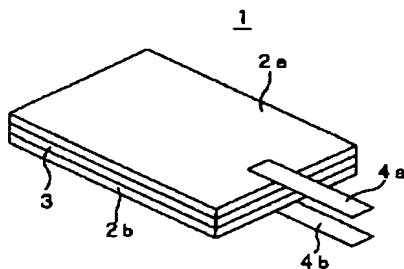
【図3】同アクチュエータにおいて、網状を呈する導電材を用いた板状電極の要部断面図である。

【図4】同アクチュエータが弾性変形する状態を示す側面図である。

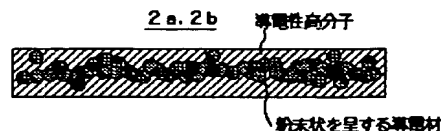
【符号の説明】

1 アクチュエータ、2 a、2 b 板状正極、3 電解質層、4 a、4 b 端子部

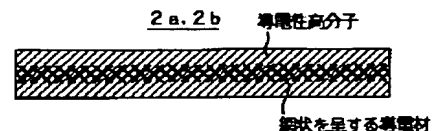
【図1】



【図2】



【図3】



【図 4】

